

## WELDING OF SYNTHETIC RESIN MATERIAL

Patent Number: JP8230043  
Publication date: 1996-09-10  
Inventor(s): SHINDO ISAMU;; KOBAYASHI YASUMI;; SUGITA YOSHIO  
Applicant(s): AISAMU:KK  
Requested Patent: ☐ JP8230043  
Application Number: JP19950038892 19950227  
Priority Number(s):  
IPC Classification: B29C65/14  
EC Classification:  
Equivalents:

Ref 1

### Abstract

**PURPOSE:** To facilitate the judgment of a welding state and to rapidly, certainly and perfectly weld a synthetic resin material with excellent workability.

**CONSTITUTION:** In a method for welding a synthetic resin plate or pipe, a synthetic resin welding material 3 having high transparency is placed on a synthetic resin material 4 to be welded and irradiated with infrared rays A from the outside thereof to directly heat the synthetic resin material 4 to be welded to weld the same.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(5)

特開平8-230043

7

8

ある。

【符号の説明】

1 反射鏡

2 ハロゲンランプ

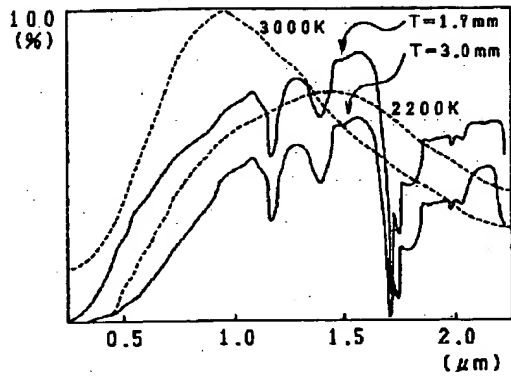
3 溶接材

4 被溶接合成樹脂材

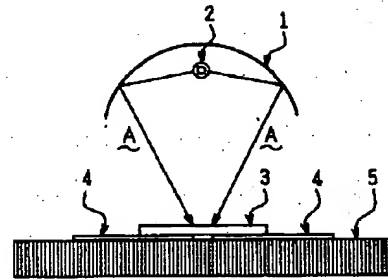
5 コンクリート

A 光（赤外線）

【図1】



【図2】



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-230043

(43) 公開日 平成8年(1996)9月10日

| (51) Int. Cl. <sup>4</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号  | F I           | 技術表示箇所 |
|----------------------------|------|---------|---------------|--------|
| B 2 9 C 65/14              |      | 7639-4F | B 2 9 C 65/14 |        |
| // B 2 9 C 65/16           |      | 7639-4F | B 2 9 C 65/16 |        |
| B 2 9 L 7:00               |      |         |               |        |

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全5頁)

(21) 出願番号 特願平7-38892

(22) 出願日 平成7年(1995)2月27日

(71) 出願人 595028845

有限会社アイサム

茨城県つくば市大字倉掛404

(72) 発明者 造藤 勇

茨城県つくば市大字倉掛404

(72) 発明者 小林 保美

長野県諏訪郡下諏訪町南高木8925

(72) 発明者 杉田 喜男

山梨県甲府市国母五丁目19-18

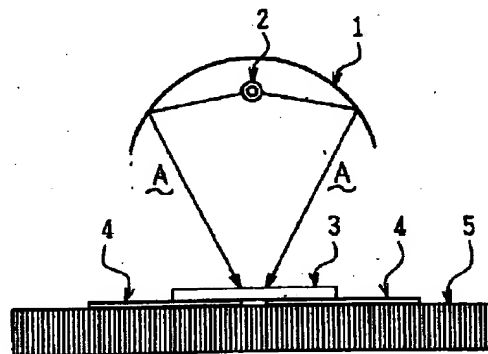
(74) 代理人 弁理士 西澤 利夫

(54) 【発明の名称】 合成樹脂材の溶接方法

(57) 【要約】

【構成】 合成樹脂の板やパイプを溶接する方法であって、被溶接合成樹脂材(4)の上部に透明性の高い合成樹脂溶接材(3)を置き、その外側から赤外線(A)を照射して、被溶接合成樹脂材(4)を直接加熱して溶接する。

【効果】 迅速で作業性に優れ、かつ、溶接の状態の判別を容易にし、確実、完全に溶接することを可能とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 合成樹脂材の溶接方法であって、被溶接部の上部に透明性合成樹脂溶接材を載置し、その外側からの赤外線照射により被溶接部を直接加熱して溶接することを特徴とする合成樹脂材の溶接方法。

【請求項2】 請求項1の溶接方法において、波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の領域における平均の光透過率が10%以上の透明性合成樹脂溶接材を載置する溶接方法。

【請求項3】 請求項1の溶接方法において、被溶接部分を不活ガス雰囲気とする溶接方法。

【請求項4】 請求項1の溶接方法において、被溶接部と溶接材との間に波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の領域における平均の光透過率が5%以下の樹脂材を挟み込む溶接方法。

【請求項5】 請求項4の溶接方法において、溶接材の裏側に波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の領域における平均の光透過率が5%以下の樹脂材が貼付けられている溶接方法。

【請求項6】 請求項1の溶接方法において、赤外線発生装置としてハロゲンランプまたはクセノンランプを使用し、その集光装置として、楕円鏡を使用する溶接方法。

【請求項7】 請求項1の溶接方法において、赤外線発生源として波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の波長範囲のレーザー光を使用する溶接方法。

【請求項8】 請求項1の溶接方法において、透明石英板で溶接部位を押圧しながら加熱溶接する溶接方法。

【請求項9】 請求項1の溶接方法において、加熱溶接が行われた部位を直ちに圧接する溶接方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、合成樹脂材の溶接方法に関するものである。さらに詳しくは、この発明は、合成樹脂の板やパイプ等の溶接を効率よく、かつ確実に行うとともに、被溶接部の溶接状態を容易に判別し、不完全な溶接による不都合を簡便に防止することのできる新しい合成樹脂材の溶接方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術と課題】従来より、各種の合成樹脂材についての溶接が試みられており、実際にも板材やパイプ材等の合成樹脂材の溶接が実施されてもいる。たとえば代表的な合成樹脂の一つであるポリ塩化ビニルの板やパイプ等の溶接では、適当な組成の溶接棒を用い、熱風を吹き付けて、溶接部を加熱すると同時に溶接棒を軟化もしくは溶融させ、両者を溶着して溶接する方法が知られている。

【0003】ポリエチレン、ポリプロピレン等の溶接方法としても同様に、熱風を吹き付けて表面を溶融させ、接着する方法が知られている。しかしながら、これら従来の方法には、作業性が悪く、また、溶接箇所完全に

溶接されているか否かを判別する有効な手段が確立されていない等の問題点がある。

【0004】たとえば、廃棄物処理場を建設する際に、廃棄物から排出される有害物質が地中に浸透するのを防止するために、処理場の表面をコンクリートで覆い、その上をポリエチレンもしくはポリプロピレン等の耐候性に優れた合成樹脂板で覆う工事が行われているが、この工事において実施されるポリエチレンやポリプロピレン等の合成樹脂板の溶接作業では、溶接速度が遅く、多大の労力と時間を要するばかりでなく、溶接が終了した段階で、溶接が完全に行われているか否かを判別する有効な手段がない。このため、しばしば、不完全な溶接に帰因して有害物質の地中への浸透事故が発生している。このような事情から、早急に、溶接を容易に行える等の作業性に優れ、しかも溶接が完全に行われているか否かの確認が簡便に行うことのできる方策の実現が望まれていた。

【0005】この発明は、以上の通りの従来技術の欠点を解消するためになされたものであって、従来の方法に比べてはるかに作業性に優れ、かつ、溶接状態の判別を容易にし、完全なる溶接を可能とする新しい合成樹脂材の溶接方法を提供することを目的としている。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記の課題を解決するために、合成樹脂材の溶接方法であって、被溶接部の上部に透明性合成樹脂溶接材を載置し、その外側からの赤外線照射により被溶接部を直接加熱して溶接することを特徴とする合成樹脂材の溶接方法（請求項1）を提供する。また、この発明は、上記方法において、波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の領域における平均の光透過率が10%以上、さらに好ましくは20%以上の透明性の合成樹脂を溶接材として使用すること（請求項2）や、被溶接部分を不活ガスの吹き付け等によって不活性ガス（アルゴン、窒素、 $\text{CO}_2$ 等）の雰囲気とすること（請求項3）、被溶接部と溶接材との間に波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の領域における平均の光透過率が5%以下の樹脂材を挟み込んで溶接すること（請求項4）、赤外線発生装置として、ハロゲンランプ、クセノンランプ等を使用し、その集光装置として、楕円鏡を使用すること（請求項6）、赤外線発生源として、波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の波長範囲のレーザー光を使用すること（請求項7）、透明石英板で溶接部位を押圧しながら加熱溶接すること（請求項8）、またさらには、前記溶接方法において、加熱溶接が行われた部位を直ちにローラー等で圧接することを特徴とする溶接方法をもその好ましい態様の一つとして提供する。

## 【0007】

【作用】上記の通りの構成からなるこの発明の溶接方法は、以下の通りの新しい知見の工夫に基づいて完成されている。すなわち、この発明の発明者らは、まず、従来

の熱風に変わる加熱方法を検討し、赤外線を利用することが最も効率的ではないかと推測し、溶接作業の効率化について具体的に検討した。その結果、溶接速度は、従来の方法に比べて、10倍程度以上速く、効率的であることを見出した。

【0008】しかしながら、赤外線を用いる方法によって溶接速度は速くなり、溶接効率は飛躍的に向上したが、依然として溶接状態の判別をどのように行うかが大きな問題として残されていた。そこで、さらにこの発明の発明者等は、合成樹脂の合成方法とその製品の特性の関連性、および赤外線ランプの特性との関連性について詳しく検討し、この発明の新しい溶接方法を創案した。そして、この方法が極めて効率的であるばかりでなく、溶接部の判別検査が正確、かつ簡便に行える理想的な方法であることを確認した。

【0009】すなわち、たとえばポリエチレン樹脂の場合、その合成方法によって透明性に差異が現れ、高圧下で作製した樹脂チップを原料にし、一度溶融させて板に加工した後急冷すると肉眼でも透明性の高い樹脂板が得られるが、たとえばこのような透明性の高い樹脂板(厚み $T=1.7\text{mm}$ ;  $3.0\text{mm}$ )の光透過率を測定すると、図1に示すように、波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の領域で透過率が高くなっていることがわかる。

【0010】この透過率特性は、原料となる樹脂チップの合成方法、また、チップを溶解して板に加工した後の温度の冷却条件、板の厚さ等によって変化するが、透過率の波長依存性には大きな差異は認められない。このことは、まず第1には、波長 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の領域の赤外線を使用すると、これらの合成樹脂板を光は透過できるので、この特性を有する合成樹脂を溶接材として使用すると、光は、溶接材を通過して被溶接部に到達し、溶接材の外側から、直接的に溶接材と被溶接合成樹脂との溶接が可能となることを意味している。

【0011】照射された光の一部は、溶接板で吸収されるが、大部分の光は、溶接材を通過して溶接部位に到達し、被溶接合成樹脂材の表面を加熱する。従って、被溶接合成樹脂材として赤外線の吸収能が大きい素材(つまり、透過率の低い素材)を選ぶと、光は、被溶接合成樹脂材の表面で吸収され、被溶接合成樹脂材の表面の温度を融点まで容易に加熱する。これにより、被溶接合成樹脂材の表面と溶接材とは、容易に溶接されることとなる。

【0012】合成樹脂材の光の透過率は、特に光吸収能の大きい添加剤を加えない場合には、融点に到達するとさらに高くなる特徴がある。従って、加熱前の溶接材の透過率は、それ程高くなくても、赤外線によって温度が上がれば、次第に透過率が上がり、光は下部の被溶接部に到達できるようになる。従って、溶接材として使用する合成樹脂は、なるべく高透過率のものが好ましいが、たとえば、10%程度の板であっても実用上問題はな

い。

【0013】赤外線発生装置としては、 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ 付近にそのピークを有するものであれば、ランプであっても、レーザ装置であってもいずれでもよいが、なかでもハロゲンランプが最も好ましいと考えられる。前出の図1にはハロゲンランプの発光効率( $2200\text{K}$ ,  $3000\text{K}$ )の波長依存性も示したが、この図1から判るように、このランプから発せられる光は、大部分が $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ 付近に集中しているので、大部分の光が無駄なく利用でき極めて効率的である。また、ハロゲンランプは、安価でしかも、1000時間を超えた使用が可能であることから有用である。

【0014】溶接速度を大きくする場合に、赤外線の出力を上げると、途中で被溶接部が過熱され、空気と反応して燃焼し、表面が黒化する。このような黒化現象が発生すると、急激に接着強度が低下される原因となる。そこで、この黒化の発生を防止するに、溶接部の周囲にアルゴンもしくは窒素ガス等の不活性ガスを流して、溶接部周辺を無酸素状態にすることが好ましい。実際には、この発明の方法で溶接する場合、溶接材と被溶接合成樹脂とを密着させておくと、残存空気の量が少ないので、黒化は殆ど無視できる程度に抑えられる。この発明の方法で、実際に作業を行う過程で、たとえば天井等に、下側から溶接する際には、溶接材をどのように保持するか問題となるが、このような場合には、透明石英板を支持具に取付け、これで溶接材を抑えながら作業すると、作業がスムーズに進み、溶接も完全に行うことができる。透明石英板は、赤外線の透過率も完全であり、急激な過熱や冷却を行っても、特に割れ等の事故は発生しないため、問題なく使用することができる。

【0015】また、このような透明石英製の圧着板を使用しないで溶接を行うと、時々溶接部に空気が残し、溶接不良を起こすことがある。この場合は、溶接後、すぐにローラー等を用いて表面から押圧すると、このような残存空気も少なくなり、溶接はより完全となる。一方、溶接状態の判別もこの発明の方法によって容易になる。実際、溶接した部位では以下の現象が観察される。まず、溶接材は、最初は、やや白濁した板であっても、溶接中の加熱された状態では、殆ど透明となっている。溶接後、温度が下がるにつれて再び、白濁してくるが、完全には不透明にはならず、下地の被溶接合成樹脂材が透けてみえる。この時、下地として、黒色の被溶接合成樹脂材を用いた場合には、尚いっそう下地の状態が良く観察できることがわかる。

【0016】ところどころに、白濁円形もしくは、楕円に近い形状で、周囲の色合いと容易に識別できる部位が観察される。そこで、このような部位をそのまま、被溶接合成樹脂材および溶接材に対して垂直に切断し、色合いの異なる部位を横方向から観察したところ、このような部位は、溶着が不完全な部位であって、両者が分離し

ているために、周囲とは色合いが異なって見えていることがわかる。

【0017】このことは、溶接が完全に行われたか否かの判別が容易にできることを意味している。たとえば被溶接合成樹脂材の上に溶接材を置き、上から石英板を押しつけながら、溶接を行って、このような色合いの異なる部位が全く観察されない溶接部位を垂直に切断して観察すると、溶接部の剥がれ、不完全部等は全く認められない。

【0018】以上の通りのこの発明の方法によって、これまでの方法によっては可能とされなかった、迅速で、極めて効率的な溶接と、溶接部位の状態が確実、かつ簡単に判別されるという優れた作用が実現されることになる。もちろん、合成樹脂材や溶接材の種類に特段の限定はない。ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン樹脂や、ポリ塩化ビニル等の、これまでに溶接対象とされている各種のものをはじめとする任意のものが対象となる。合成樹脂材と溶接材については、その組合せは同種のもの、もしくは類似のものが好ましいことは言うまでもない。前記の通りに光の透過特性が調整されていることが肝要である。

【0019】図2は、この発明による合成樹脂材の溶接方法の概要を図示したものである。この図2の例においては、溶接のための装置は、反射鏡(1)とハロゲンランプ(2)とを備えており、溶接材(3)と被溶接合成樹脂材(4)とに対し、ハロゲンランプ(2)から発せられた光(A)は、反射鏡(1)で集光されて、たとえばコンクリート(5)上に載置された溶接材(3)と被溶接合成樹脂材(4)との溶接部位に照射される。なお、この図2には、不活性ガスの供給については図示されていないが、必要があれば、パイプ等を用いて、被溶接部位に不活性ガスを吹き付けることができる。

【0020】より具体的には、この溶接では、被溶接合成樹脂材の繋ぎ目に、必要な幅に切断された溶接材を載せ、上から集光装置としての反射鏡(1)でハロゲンランプ(2)の光(4)を照射する。この際、具体的には、被溶接合成樹脂材(4)としては、 $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の赤外線領域の光の透過率が平均5%以下に調整した素材を用い、溶接材(3)として、同様に $0.8\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ の赤外線領域の光の透過率がたとえば平均30%以上である素材を使用する。

【0021】光の透過率は、板の厚さが薄くなる程に高く、厚くなるほどに低くなるが、機械的強度が必要となるので、厚さは、 $2\sim 3\text{mm}$ 程度を標準と考えてよい。もちろん、板の厚さは、前記の値より薄くても、厚くても差し支えなく、その場合には、最適な当該透過率もそれらの厚みによって変動する。以下、実施例を示し、さらに詳しくこの発明の方法について説明する。

【0022】

【実施例】図2の構成の装置を用い、ポリエチレン樹脂

板の相互端面における溶接を行った。この際の溶接材には、ポリエチレン樹脂の薄片を用いた。具体的には、まず、ポリエチレン溶接材をポリエチレン樹脂板の継目である被溶接部位の上に置き、ハロゲンランプの光を照射する。すると、光の一部は、溶接材によって吸収されるが、残りは被溶接ポリエチレン樹脂板に到着し、その表面を加熱する。被溶接ポリエチレン樹脂の表面は加熱され、すぐに溶接材と接合する。このとき、溶接材は、溶融すると白濁部が無くなり、透明になるので、加熱が正しく行われているか否かは容易に識別できる。

【0023】溶接材の白濁部が無くなったなら、ローラーによる押しつけを連続させながら、溶接を進める。これにより、毎分1m程度の溶接は、容易に実施可能とされた。溶接速度をさらに大きくするためにハロゲンランプの出力を上げ、急速に加熱すると、被溶接合成樹脂板が過熱され過ぎて、燃えはじめ、大量の煙が発生するとともに、溶接された部位の接合強度が急激に低下してしまうため、アルゴンガスを吹き付けながらハロゲンランプの出力を上げて溶接する。煙の発生もなく、さらに迅速な溶接が可能であった。溶接強度も十分であった。

【0024】また、実際に、目視で、白濁部が観察できなかった部位を縦に切断し、溶接状況を顕微鏡観察した結果、10例の検査のいずれにおいても、溶接は、完全であることが確認された。従来の方法では、溶接終了後、溶接が完全か否かを判別する有効な手段がなく、完全な溶接状態の確認ができないことが大きな問題であった。この発明の方法では、目視という簡便な方法で簡単にかつ、確実に判別できることが実証された。

【0025】なお、この発明で赤外線源としてハロゲンランプを使用した場合には、反射鏡としてガラスを用いた場合であっても、また金属鏡を用いた場合でも、重量は $2\sim 5\text{kg}$ 程度であり、片手で容易に作業できる重さである。ハロゲンランプの寿命は、この実施例の使用条件では、1000時間を超えており、幅約50mmの溶接材を溶接するのに、要した電力は、毎分1mの速度の場合でも400W $\sim$ 600W程度であり、作業コストも極めて安価である。

【0026】もちろん溶接装置は、手持ちで使用する他に、自走装置と組み合わせた自動溶接機として使用してもよい。

【0027】

【発明の効果】以上詳しく説明した通り、この発明によって、従来の方法よりもはるかに迅速で作業性に優れ、かつ、なによりも溶接状態の判別を容易にし、確実、完全に溶接することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】合成樹脂としてポリエチレンを使用した場合の光の透過率とハロゲンランプおよびキセノンランプの発光特性との関係を示した関係図である。

【図2】この発明の一例としての構成を示した概要図で

(5)

特開平8-230043

8

ある。

【符号の説明】

1 反射鏡

2 ハロゲンランプ

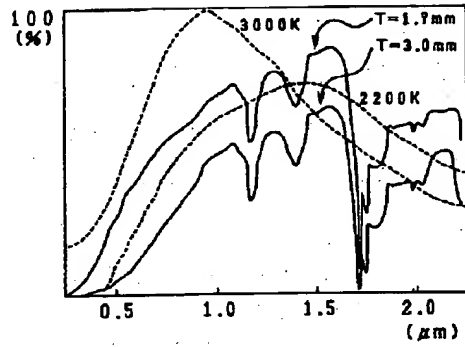
\* 3 溶接材

4 被溶接合成樹脂材

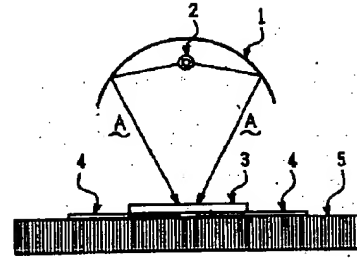
5 コンクリート

\* A 光（赤外線）

【図1】



【図2】



Japanese Patent "Kokai" No. 8-230043

Laid Open: 10 September 1996

Japanese Patent Application No. 7-38892

Filed: 27 February 1995

Applicant: Yugen Kaisha Aisamu

Inventors: Isamu Shindo, et al.

Title of the Invention: Method of Welding Plastic Workpieces

**【Abstract】**

**【Construction】** In a method of welding plastic plates or pipes, a plastic welding material (3) of high transparency is placed on welded plastic workpieces (4); infrared radiation is externally irradiated thereon whereby the welded plastic workpieces (4) are directly heated to be welded together.

**【Effect】** Fast and efficient operation can be performed; discrimination of weld condition can be facilitated; and reliable and perfect weld can be achieved.

**【Claims】**

**【Claim 1】** A method of welding plastic workpieces, characterized in that a transparent plastic welding material is placed on welded portions; and infrared radiation is externally irradiated thereon, whereby the welded portions are directly heated to be welded together.

**【Claim 2】** The welding method of claim 1, wherein a transparent plastic welding material representing an average transmissivity equal to or higher than 10% with respect to light ray of a wavelength in the range from  $0.8 \mu\text{m}$  to  $1.6 \mu\text{m}$ , is placed on the welded plastic workpieces.

**【Claim 3】** The welding method of claim 1, wherein the welded portions are placed in an inert gas atmosphere.

**【Claim 4】** The welding method of claim 1, a plastic material



representing an average light transmissivity equal to or lower than 5% with respect to light ray of a wavelength in the range from  $0.8 \mu\text{m}$  to  $1.6 \mu\text{m}$  is interposed between the welded portions and the welding material.

**【Claim 5】** The welding method of claim 1, wherein a plastic material representing an average light transmissivity equal to or lower than 5% with respect to light ray of a wavelength in the range from  $0.8 \mu\text{m}$  to  $1.6 \mu\text{m}$  is adhered to the back surface of the welding material.

**【Claim 6】** The welding method of claim 1, wherein a halogen lamp or xenon lamp is used as infrared radiation generating means, and an ellipsoidal mirror is employed as condenser means.

**【Claim 7】** The welding method of claim 1, wherein laser radiation of a wavelength in the range from  $0.8 \mu\text{m}$  to  $1.6 \mu\text{m}$  is used as infrared radiation source.

**【Claim 8】** The method of claim 1, wherein the heating-welding process is carried out with the welded portions being pressed by means of a transparent quartz plate.

**【Claim 9】** The method of claim 1, wherein the portions ad heated and welded are immediately subjected to pressure welding.

#### **【Detailed Description of The Invention】**

##### **【0001】**

**【Industrial Field in Which The Invention Is Utilized】** The present invention relates to a method of welding plastic workpieces, and more particularly to a novel method of welding plastic workpieces, wherein plastic plates or pipes are efficiently and reliably welded together, and the weld condition of the welded portions are easily discriminated whereby trouble due to imperfect welding can readily be avoided.

##### **【0002】**

**【Prior Art and Problems】** Attempts have conventionally been made to weld various types of plastic material, and in practice, plastic workpieces such as plates and pipes have been welded. In the welding of plates, pipes or the like made from polyvinyl chloride which is a typical plastic resin material, it is well known in the art that use is made of a welding rod of a suitable composition, onto which hot air is applied to heat welded portions while at the same time causing the welding rod to be softened or melted, whereby the welded portions and welding rod are welded together.

**【0003】** In the welding of polyethylene, polypropylene or the like, too, it is well known in the art that hot air is applied onto surfaces to cause the surfaces to be melted and bonded together. However, such conventional methods are disadvantageous in that the work efficiency is low and no effective means is available for discriminating whether or not perfect weld has been achieved at the welded portions.

**【0004】** In the case where a waste disposal site is constructed, it has been the usual practice that the surfaces of the site are covered with concrete and the concrete is covered with plates of plastic resin having a high weather resistance such as polyethylene, polypropylene or the like, with a view to preventing permeation into the earth of toxic substance emitted from waste. In the operation for welding the plastic plates of polyethylene, polypropylene or the like that is performed in such practice, the welding speed is low; a large amount of labour and time is required; and no effective means is available for discriminating whether or not perfect weld has been achieved when the welding operation is over. Accident such as permeation into the earth of toxic substance due to imperfect weld has often occurred so far. In view of such circumstances, it has been desired that countermeasures be urgently established for making it

possible to easily discriminate whether or not perfect weld is achieved.

**【0005】** The present invention has been made with a view to overcoming the above-mentioned drawbacks of the prior art. It is an object of the present invention to provide a novel method of welding plastic workpieces, which is highly advantageous in terms of operating performance over the prior-art method, facilitates discrimination of the condition of weld, and achieves perfect weld.

**【0006】**

**【Means for Solving the Problems】** With a view to solving the above-mentioned problems, the present invention provides a method of welding plastic members, characterized in that a transparent welding material is placed on members to be welded together; and infrared radiation is externally irradiated onto the welded members whereby the welded members are directly heated (Claim 1). Furthermore, as preferred embodiments, the present invention also provides welding methods characterized in that in the foregoing method, a transparent plastic material representing an average light transmissivity of 10% or higher, preferably of 20% or higher in the wavelength range from  $8\ \mu\text{m}$  to  $1.6\ \mu\text{m}$  is used as welding material (Claim 2); that inert gas is applied onto the welded members so that the welded members are disposed in an atmosphere of inert gas (argon, nitrogen,  $\text{CO}_2$ , or the like) (Claim 3); that welding is effected with a plastic material representing an average light transmissivity of 5% or lower being held between the welded members and the welding material (Claim 4); that a halogen lamp, xenon lamp or the like is employed as infrared radiation source, and an elliptical mirror is used as condenser (Claim 6); that laser radiation of a wavelength in the range from  $0.8\ \mu\text{m}$  to  $1.6\ \mu\text{m}$  is used as infrared radiation source (Claim 7); that the welded members are heated and welded

while being depressed with a transparent quartz member (Claim 8); and further that in the above-mentioned welding method, the members which have been welded together are immediately pressed by means of rollers.

**[0007]**

**[Operation]** The present welding method comprising the aforementioned steps has been achieved on the basis of new findings which will be described hereinbelow. The inventors have extensively studied about heating method which can be substituted for the convention technique of resorting to hot air, and as a result have conjectured that use of infrared radiation would be most efficient and made concrete investigations to enhance efficiency of welding operation. Consequently, the inventors have found out that through the use of infrared radiation, a high welding speed can be achieved that is more than ten times as high as that in the conventional method.

**[0008]** With the method of using infrared radiation, the welding speed has been increased, and thus the welding efficiency has been greatly enhanced; however, it was still a big problem how discrimination of weld condition should be made. Thus, the inventors have further made extensive investigation about the relationship between the method of making synthetic resin and the property of an article made of such synthetic resin, and the relationship between such property and the characteristics of infrared lamp, and as a result have invented a novel welding method. It has been confirmed that the novel method is an ideal method in that it is not only highly efficient but also is accurate in terms of discrimination inspection of weldment and is easy to carry out.

**[0009]** In the case of polyethylene resin, for example, difference in transparency occurs with the method of making such resin. Resin

chips fabricated under a high pressure were used as starting material; such resin chips were melted, worked into a plate and then quickly cooled. This resulted in the plate representing enhanced transparency even to the naked eyes. Such high transparency plastic plates (thickness  $T = 1.7\text{mm}$ ,  $3.0\text{mm}$ ) was measured in terms of light transmissivity. As can be seen in Fig. 1, the result is that high transmissivity occurs in the wavelength range from  $0.8\ \mu\text{m}$  to  $1.6\ \mu\text{m}$ .

**[0010]** The transmissivity characteristics were varied depending on the process of making plastic chips used as starting material, the cooling conditions which are applied after the chips have been melted and worked into plate, and the thickness of the plate, but any substantial difference in the dependency of transmissivity on wavelength was not observed. This means that when infrared radiation in the wavelength range from  $0.8\ \mu\text{m}$  to  $1.6\ \mu\text{m}$  is used, the radiation is permitted to pass through the plastic plates, and thus by employing plastic resin having such property as welding material, the radiation is permitted to pass the welding material so that direct welding of the plastic plates to be welded together and the welding material can be achieved.

**[0011]** While part of the irradiated radiation is absorbed by the welding material, a majority thereof is permitted pass therethrough to reach the portions to be welded together so that the surfaces of the plastic workpieces are thereby heated. Thus, when a material having a high absorbing power with respect to infrared radiation (i.e., a material having a low transmissivity) is chosen for the workpieces, the radiation is absorbed at the surfaces of the plastic workpieces so that the surfaces of the plastic workpieces can easily be heated up to the melting point thereof. In this way, the surfaces of the plastic workpieces and the welding material can be easily welded together.

【0012】 Characteristically, there is a tendency that light transmissivity of a plastic resin is further increased when the melting pointed is reached, in the case where no additive having extra high light absorbing power is contained. As the temperature is increased by irradiating infrared radiation thereonto, light transmissivity of a welding material prior to being heated is gradually increased so that the radiation is permitted to reach the underlying workpieces to be welded together. Thus, it is preferred that plastic resin to be used as welding material have as high a transmissivity as possible, but no practical difficulty would be experienced with a welding material having a transmissivity as low as 10%.

【0013】 While infrared radiation source may be constituted either by a lamp or laser device insofar as it represents a peak in the neighborhood of  $0.8 \mu m$  to  $1.6 \mu m$ , it is considered that a halogen lamp is most preferable. Fig. 1 also illustrates the dependency on wavelength of light emission efficiency (2200K, 3000K) of halogen lamp. As can be seen from Fig. 1, a majority of light emanating from the lamp is concentrated in the vicinity of  $0.8 \mu m$  to  $1.6 \mu m$  so as to be able to be utilized without loss, i.e., most efficiently. A further advantage of halogen lamp is that such lamp is inexpensive and its life span exceeds 1000 hours.

【0014】 As infrared radiation output is increased in an attempt to increase the welding speed, the portions to be welded together will be overheated on the way so as to be reacted with air and burnt so that the surfaces thereof will turn out black. Such turn-out-black phenomenon tends to cause a sudden drop in the bond strength. Thus, to avoid occurrence of such phenomenon, it is preferred that a condition that no oxygen exists be established in the neighborhood of the welded workpieces by flowing an inert gas such as argon,

nitrogen gas or the like thereto. In practice, when it is attempted to perform welding by using the method of this invention, blackening can be restrained to such extent to be substantially negligible since the amount of residual air is small with the welding material and the workpieces being disposed in intimate contact with each other.

When it is attempted to work out welding with respect to ceiling from below for example, how the welding material should be held becomes a problem; in such a case, the welding material may be supported by means of a transparent quartz plate attached to a fixture, whereby the welding operation can be smoothly carried out so that satisfactory welding can be achieved. Such transparent quartz plate represents a proper transmissivity with respect to infrared radiation, and thus even if such plate is subjected to sudden overheating or cooling, any accident such as cracking or the like will be caused to occur so that the plate will be able to be employed without any problem.

【0015】 In case welding is effected without using such clear quartz plate, it may sometimes happen that air remains at the welded portions thus causing defective welding. In such a case, the quantity of such residual air can be decreased by pressing the welded portions at the surfaces thereof by means of a roller or the like, thus resulting in a satisfactory welded condition. Further, discrimination of welded condition can be facilitated by resorting to the method of this invention. In practice, the below-mentioned phenomenon can be observed at the welded portions. The welding material was initially an opaque plate, but it turned out substantially clear when heated in the course of welding operation. As the temperature decreased after the welding operation was over, the plate became opaque but not completely opaque so that the underlying welded plastic resin was viewed through the plate. In the case where black welded plastic

members are used as underling portions, it will be appreciated that the condition of the underlying portions can be observed more clearly.

【0016】 Opaque circular or nearly elliptical portions are observed at places that can readily be distinguished from the hue of colour of the surroundings. Such portions were cut vertically with respect to the welded plastic workpieces and welding material, and the portions of different hue of colour were observed from lateral direction; as a result it has been found that such portions are imperfectly welded portions and that such portions appeared different in hue of colour from the surrounding due to the fact that the workpieces and welding material were separated.

【0017】 This implies that discrimination as to whether or not welding has been completely effected can readily be achieved. Welding was effected with the welding material being placed on the welded plastic workpieces and while depressing the quartz plate from above; the welded portion where no difference in hue of colour is observed was cut and observed; and as a result, separation of the welded portions or incomplete welding was not found.

【0018】 As will be appreciated from the foregoing discussion, according the method of the present invention, it is possible to achieve excellent result such as quick and highly effective welding and accurate and simple discrimination of the condition of the welded portions which were not feasible with the prior art. It goes without saying that no limitation is laid upon the kinds of plastic workpiece material and welding material. Such materials include polyolefin resin such as polyethylene, polypropylene or the like, polyvinyl chloride, etc. Needless to say, it is preferred that the materials for the plastic workpiece and welding piece be identical ones or similar ones. It is essential that the light transmissivities be coordinated as discussed.



【0019】 Fig. 2 illustrates the outline of the method of welding plastic members according to the present invention. In the embodiment illustrated in Fig. 2, the welding apparatus comprises a reflector 1, and a halogen lamp 2, wherein light ray A emanating from the halogen lamp 2 is condensed at the reflector 1 and then irradiated onto the welded portions of welding material 3 and plastic workpieces 4 placed on a concrete base 5. Although no inert gas supply is shown in Fig. 2, it is possible that inert gas may be jetted onto the welded portions through use of piping or the like if occasion demands.

【0020】 More specifically, in the present welding process, a welding material cut into required width is disposed on seam joint between welded plastic workpieces and then light 4 emanating from the halogen lamp 2 is irradiated thereonto from above with the aid of the reflector 1 serving as condenser. In a practical example, the welded plastic workpieces use a blank which is tailored such that the light transmissivity in the infrared region from  $0.8 \mu m$  to  $1.6 \mu m$  is equal to or lower than 5% on an average, whereas the welding material uses a blank that is tailored such that the light transmissivity in the infrared region from  $0.8 \mu m$  to  $1.6 \mu m$  is equal to or higher than 30% on an average, for example.

【0021】 The thinner the workpiece, the higher the light transmissivity; however, for a required mechanical strength, it may be considered that the standard thickness of the workpiece is about 2 to 3 mm. Needless to say, the thickness of the workpiece may be either smaller or larger than the above-prescribed value, and the optimum transmissivity may change depending on the thickness. The process of the present invention will now be described in greater detail with reference to illustrated embodiment.

【0022】

**【Embodiment】** Polyethylene plate-like workpieces were welded at abutting end surfaces by means of such arrangement as shown in Fig. 2. A polyethylene piece was used as welding material. More specifically, first of all, the welding polyethylene piece was placed on a welded portion, i.e., the seam joint between the workpieces, and then light ray emanating from halogen lamp was irradiated thereonto. Part of the light ray was absorbed by the welding material, whereas the remainder of the light ray was permitted to arrive at the welded polyethylene plate-like workpieces thus heating the surfaces thereof, so that the surfaces of the workpieces were immediately joined to the welding material. The welding material, when melted, turned out clear and devoid of opaque portions. This made it possible to easily discriminate whether or not proper heating was effected.

**【0023】** When the welding material turned out devoid of opaque portions, pressing by rollers was continued and welding was permitted to proceed. As a result, welding at about 1 m per minute could be easily achieved. If the output of the halogen lamp is increased and rapid heating is effected in an attempt to increase the welding speed, then welded plastic plate-like workpiece will be overheated and begin burning, producing a large quantity of smoke, so that the joining strength of the welded portions will be suddenly decreased. To avoid this, welding is effected with increased output of the halogen lamp while blowing argon gas. By so doing, production of smoke was avoided, and more quick welding was performed. Also satisfactory welding strength was achieved.

**【0024】** Further, a portion where no opaque portion was observed through visual inspection, was cut longitudinally, and the weld condition was examined with the aid of a microscope. As a result, it has been confirmed that the weld was perfect with all the ten examined pieces. In the prior art, no effective means was available

for discriminating whether or not the welding is perfect after the welding operation has been finished, and it was a big problem that it was not possible to confirm if perfect weld condition was achieved. With the method of this invention, it has been verified that such confirmation can be easily and reliably achieved by simple means such as visual inspection.

【0025】 In the case where a halogen lamp is used as infrared radiation source in the method of the present invention, the welding apparatus for carrying out the present method weighs about 2 to 5 kg so that the device can be manipulated by single hand, whether a glass mirror or metal mirror is used as reflector or metal. The life span of halogen lamp exceeds 1000 hours under the condition it was used in the embodiment. The amount of power required for welding workpieces about 50mm in width was about 400 W to 600 W for the welding speed of 1m per minute. Operating cost is extremely low.

【0026】 It goes without saying that the welding apparatus may be employed not only as a hand-held type but also as automatic welder in combination with self-advancing means.

【0027】 From the foregoing detailed discussion, it will be appreciated that the present invention is advantageous over the prior art in that highly speedy and reliable operation can be performed, and above all in that weld condition can be easily discriminated and perfect weld can be reliably achieved.

#### 【Brief Description of the Drawings】

Fig. 1 shows graphs illustrating the relationships between the light transmissivities and light emission characteristics of halogen lamp and xenon lamp when polyethylene was used as synthetic resin.

Fig. 2 is a schematic view showing the arrangement according to an embodiment of the present invention.